



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09106913 A ✓

(43) Date of publication of application: 22 . 04 . 97

(51) Int. Cl. H01F 10/06
G01R 33/02
G11B 5/127
H01L 43/00

(21) Application number: 07265207

(22) Date of filing: 13 . 10 . 95

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: MATSUKAWA NOZOMI
HIRAMOTO MASAYOSHI
IJIMA KENJI
KUGIMIYA KOICHI

(54) MAGNETOELECTRIC TRANSDUCER

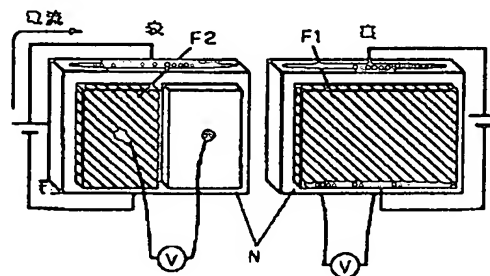
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain high sensitivity and high output for a magnetoelectric transducer by a method wherein a single unit or a plurality of magnetic bodies and a non-magnetic body are alternately coupled, and this magnetoelectric transducer is composed of a spin polarized induction part with which a current is allowed to flow in series, a magnetic body which is connected to the non-magnetic body of the spin polarized induction part, and a detector which is connected to the magnetic body.

SOLUTION: After a platinum film has been formed on a permalloy thin plate using a vapor deposition method, the plate is cut into a rectangular shape. One side is covered by a metal mask, and a film is formed by sputtering platinum. Subsequently, the position of the mask is changed, and a permalloy film is formed on the remaining one half by a sputtering method. Then, the platinum terminal is exposed by etching the edge in longitudinal direction of a sample. A spin polarized induction part is formed between the platinum terminal and the permalloy F1, voltage is applied and a current is allowed to flow. The part between the second permalloy F2 and the adjacent platinum becomes a detector, and it measures voltage. As a result, the

sensitivity to the output magnetic field of an element can be determined by two independent parameters, and a new magnetoelectric transducer, in which a spin polarization is used, can be obtained.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-106913

(43) 公開日 平成9年(1997)4月22日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 10/06			H 0 1 F 10/06	
G 0 1 R 33/02			G 0 1 R 33/02	A
G 1 1 B 5/127			G 1 1 B 5/127	
H 0 1 L 43/00			H 0 1 L 43/00	

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全7頁)

(21) 出願番号 特願平7-265207

(22) 出願日 平成7年(1995)10月13日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 松川 望

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 平本 雅祥

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 飯島 賢二

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 橋本 智之 (外1名)

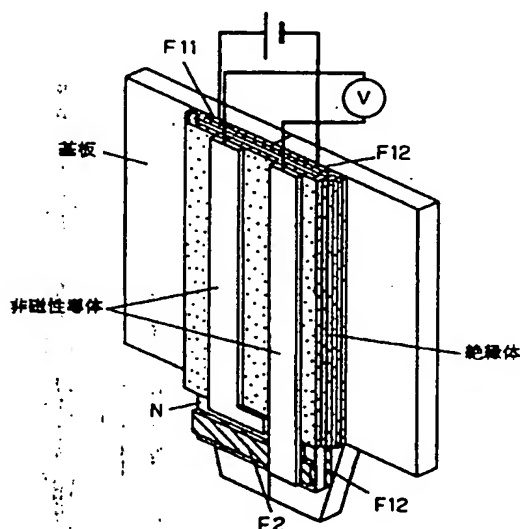
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁電変換素子

(57) 【要約】

【課題】 この構成によって、出力の上限は外部磁場と無関係な界面での電流密度に依存し、磁場に対する感度は素子を構成している強磁性体の磁化モーメントが磁場に対してどのように変化するかによるため、素子の特性をこれら独立な二つのパラメータにより決める事ができる。

【解決手段】 1つ、もしくは2つの磁性体と非磁性体を交互に連結し、直列に電流を流すスピン偏極誘起部と、スピン偏極誘起部中の非磁性体に接続された磁性体とそこに接続された検知器からなる、スピン偏極検知部とを兼ね備えさせた構成を有している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】磁性体F1と、F1に接続された非磁性体Nと、駆動バイアスもしくは電流を印加する電場印加部Viとが直列な電流回路をなすスピン偏極誘起部、及び、Nを介してF1に接続された少なくとも一つの磁性体F2j(j≧1)と、F2jに誘起されたバイアスもしくは電流を検知する検知器D、からなるスピン偏極検知部より構成され、F1の磁化モーメントM1とF2jの磁化モーメントM2jがなす角θjのうち少なくとも一つが外部磁場に応じて変化する、かつ、F1とF2jのNを介した接続距離dNjが1nm以上1mm以下である磁電変換素子。

【請求項2】磁性体F11と、F11に接続された非磁性体Nと、Nを介してF11に接続された磁性体F12と、駆動バイアスもしくは電流を印加する電場印加部Viとが直列な電流回路をなすスピン偏極誘起部、及び、Nを介してF11、もしくはF12に接続された少なくとも一つの磁性体F2j(j≧1)と、F2jに誘起されたバイアスもしくは電流を検知する検知器D、からなるスピン偏極検知部より構成され、F11の磁化モーメントM11とF2jの磁化モーメントM2jがなす角θ1j、F12の磁化モーメントM12とM2jがなす角θ2jのうち少なくとも一つが外部磁場に応じて変化する、かつ、F11とF2jのNを介した接続距離dN1j、F12とF2jのNを介した接続距離dN2jのうち少なくとも一方が1nm以上1mm以下である磁電変換素子。

【請求項3】F1の抵抗率が100μΩ以下である請求項1記載の磁電変換素子。

【請求項4】F11、F12の抵抗率が100μΩ以下である請求項2記載の磁電変換素子。

【請求項5】少なくとも一つの磁化モーメントが実質的に固定されている請求項1～4のいずれかに記載の磁電変換素子。

【請求項6】F1、F2j、Nが実質的に板状であり、F1、F2jがNを介して積層された構造を持つ請求項1、3、5のいずれかに記載の磁電変換素子。

【請求項7】F11、F12、F2j、Nが実質的に板状であり、F11、F12がNを介して積層されており、かつF2jがF11もしくは、F12に対して、1nm以上1mm以下の距離で、Nの上に隣接して積層された構造を持つ請求項2、4、5のいずれかに記載の磁電変換素子。

【請求項8】請求項1～7に記載の磁電変換素子を用いた磁気センサ。

【請求項9】請求項1～7に記載の磁電変換素子を用いた磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁電変換素子、特に外部磁場を電氣的バイアスに変換する磁電変換素子及び

それを用いた磁気読み取りヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の、磁場もしくは磁場の変化を電氣的なバイアスに変換する素子、及びそれぞれの出力の特性を列挙すると、例えば、電磁誘導を用いたコイル型磁気ヘッド($V_{out} = -n \cdot d\phi / dt$: V_{out} =出力電圧、 n =コイルの巻数、 ϕ =磁束。)、磁気抵抗効果を用いた磁気抵抗素子($dV/V_0 = dR/R_0$: R_0 =磁場零の時の抵抗、 dR =磁場による抵抗の変化分、 V_0 =0、 dV_0 =オームの法則から変換された電圧、電圧の変化分。)、ホール効果を用いたホール素子($V_{out} = K_h \cdot I_{in} \cdot B$: V_{out} =出力電圧、 K_h =積感度、 I_{in} =印加電流、 B =外部磁場。)等がある。

【0003】一方、強磁性体の性質に由来して何らかのバイアスを生じるような現象として、強磁性体の電子のバンドが、それ自身の磁化に平行、反平行なスピンの対して非対称になっている事を利用し、強磁性体を通して、非磁性体に電流を流す、あるいは非磁性体からその様な強磁性体に電流を流すと、その界面近傍の非磁性体側に非平衡なスピンの偏極状態が生じ、そこに同じようにバンドが非対称になっている別の強磁性体を接続するとその強磁性体にバイアスが生じるといふスピン偏極の現象が知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年の、例えば磁気記録の高密度化に見られる様な、高集積化、小型化の流れは、磁電変換素子に対しても、より高感度、高出力を要求してきている。

【0005】しかるに、従来素子の出力特性を見てみると、誘導コイル型磁気ヘッドの出力は主に外部磁束の変化量に依存しているために、その出力に限界があり、磁気抵抗素子の出力は磁場に対する素子の抵抗の変化によるため、その出力 dR/R は異方性磁気抵抗素子で数パーセント、いわゆる巨大磁気抵抗素子で十数パーセントにすぎない。また、ホール素子の出力は外部磁場Bと外部磁場とは無関係な印加電流 I_{in} に依存しているため、低磁場における出力は I_{in} を増やす事により上げる事が出来そうに思えるが、一般に積感度 K_h の高い材料が半導体であるために、特に小型化を考慮すると実用上限界がある。

【0006】また、前述のスピン偏極現象を用いたスピントランジスタ、メモリ素子などはすでに考案されているが(例えば日本応用磁気学会誌、19巻、3号、1995年、第684頁から第691頁)、同現象を用いて磁場をバイアスに変換する素子はいまだ考案されていなかった。

【0007】本発明は上記従来の問題点を鑑み、スピン偏極現象を用いることにより新規な磁電変換素子を提供する物である。

【0008】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために、本発明の磁電変換素子は、1つ、もしくは2つの磁性体と非磁性体を交互に連結し、直列に電流を流すスピン偏極誘起部と、スピン偏極誘起部中の非磁性体に接続された磁性体とそこに接続された検知器からなる、スピン偏極検知部とを兼ね備えさせた構成を有している。

【0009】

【発明の実施の形態】この構成によって、出力の上限は外部磁場と無関係な界面での電流密度に依存し、磁場に対する感度は素子を構成している強磁性体の磁化モーメントが磁場に対してどのように変化するかによるため、素子の特性をこれら独立な二つのパラメータにより決める事ができる。また、電流ではなく界面での電流密度に依存している、かつ、全体を抵抗の低い金属系の材料で構成できるため小型化に有利な素子ができる。

【0010】（実施例）以下実施例を用いて本発明の詳細を説明する。

【0011】本発明の構成において、スピン偏極誘起部内の非磁性体Nにスピン偏極が誘起されるためには、非磁性体Nと磁性体F1の間に電子のやりとりがなされねばならない。そのため、磁性体F1、非磁性体Nが直接に接した所に電流が流れる構成を含む必要がある。また、できるだけ大きな電流を流すためには、スピン偏極誘起部の抵抗はできるだけ低い方が望ましい。特に、スピン偏極誘起部を構成する磁性体F1もしくはF11、F12の抵抗率は $100\mu\Omega\text{m}$ 以下であると良い出力が得られた。より好ましくは $1.5\mu\Omega\text{m}$ 以下であると一層の効果が得られた。

【0012】誘起されたスピン偏極は、非磁性体N中の平均自由行程を L 、格子散乱に対するスピンの散乱確率を T としたときに、 $\delta s = (L/T)^{-1/2}$ で決められる δs の範囲に広がっており、距離が増えるに従って、エクスポネンシャルに減衰する。今回、非磁性体中に誘起されたスピン偏極を有効に利用するためには、もう一つの磁性体F2は、界面から 1nm 以上 $1\mu\text{m}$ 以下の範囲で接続されると良い出力が得られた。より好ましくは 5nm 以上 $100\mu\text{m}$ 以下の範囲であると一層の効果が得られた。

【0013】以上の範囲で接続された場合、F2にはその磁化モーメント $M2$ と第一の磁性体F1の磁化モーメント $M1$ との相対角 θ に応じたバイアスがかかる。そのバイアス V_d は、最大値を V_m としたときに、 $V_d = V_m \times \cos \theta$ で決められる。そのため出力 V_d が外部磁場に対して変化するためには、 θ が外部磁場により変化する必要がある。

【0014】磁化モーメントの相対角が外部磁場に応じて変化するためには、それぞれの磁化モーメントの、被測定磁場が零の時の向きが異なっている、あるいは一方が固定された状態である必要があった。そのための方法として、一方の磁性体に保磁力の高い物を用いて、実質

的に磁化が固定された状態にする、或いは、形状異方性や、キュリー温度の違う材料を用いて異なる向きに誘導異方性を付けるなどが必要である。

【0015】スピン偏極誘起部にF11、F12の二つの磁性体を、前述の電流回路で非磁性体Nを介して接続する、すなわち、一方の磁性体から電子を導入しながら、他方で引き出すようにすると、スピン偏極が誘起される領域がそれぞれの界面から δs になるため、トータルのスピン偏極領域を増やすことができる。

【0016】なお、以上の説明で界面から導入されるスピンの偏極方向は、その界面での磁化モーメントの向きによって決まるため、効率よくスピン偏極を導入するためには、磁性体は界面領域で実質的に単磁区である必要があった。

【0017】本発明の構成を実現しようとするとき、実質板状の試料を積層した構造にすると、薄膜の作製法として、真空蒸着法、スパッタ法、メッキ法など、パターン形成法として選択エッチング、選択デポジションなど、従来公知のプロセス技術を用いて、順次薄膜を積層できるため、容易に作製する事ができる。

【0018】特にこのような構成の場合、磁性体を面内磁化膜にすると、容易に作製出来、かつ磁場の面内成分に対する感度を上げる事ができる。

【0019】また、垂直磁化膜を用いると、面内磁場の直交する2成分間に対する感度のバランスが取りやすくなる。

【0020】読み取りヘッドとして用いる際には、従来公知の磁気抵抗変換型のヘッド構成を応用して用いる事ができる。

【0021】むろん本特許はここまでの説明に用いた具体例のみに限定されない。

（実施例1）以下、本発明の実施例の一つについて説明する。

【0022】厚さ $100\mu\text{m}$ のパーマロイ（抵抗率 $0.16\mu\Omega\cdot\text{m}$ ）の薄板上に、白金を蒸着法で厚さ t （ $0.5\text{nm} \leq t \leq 300\mu\text{m}$ ）成膜したあと、 $1 \times 1.2\text{cm}^2$ の短冊状に切断した。片側 $1 \times 0.6\text{cm}^2$ をメタルマスクで覆い、さらに白金 $100\mu\text{m}$ をスパッタ法で成膜した。続いて、マスクの位置を変え、残り半分に、パーマロイを $100\mu\text{m}$ スパッタ法で成膜した。次に、サンプル長手方向の縁をエッチングし、白金の端子を露出させた。これにより、サイズが $0.8 \times 1.2\text{cm}^2$ と $0.8 \times 0.6\text{cm}^2$ の、パーマロイが長手方向が直交するように白金板を挟んだ構造物を作製した。試料の模式図を図1に示す。

【0023】白金の端子と最初のパーマロイとの間に 100mV の電圧をかけ電流を流し、同時に、2番目のパーマロイと隣接する白金の間の電圧を測定した。面内、かつサンプル長手方向に 50Gauss から -50Gauss の磁場を掃引し、電圧の変動率 $\Delta V/V_0$ を調べた。 ΔV は5

0 Gaussと-50 Gaussでの出力の差、V0はゼロ磁場での出力である。また、同様に、パーマロイの代わりにMnZnフェライト（抵抗率 $50 \text{ m}\Omega \cdot \text{m}$ ）、CoNbZrTi合金（抵抗率 $100 \mu\Omega \cdot \text{m}$ ）、CoFeM*

*oSiB合金（抵抗率 $1.5 \mu\Omega \cdot \text{m}$ ）を用いた試料を作製し電圧を測定した。結果を（表1）にまとめる。

【0024】

【表1】

t (mm)	0.5	1.0	5	1000	100000	1000000	5000000
パーマロイ	×	△	○	○	○	△	×
MnZnフェライト	×	×	×	×	×	×	×
CoNbZrTi	×	△	○	△	△	×	×
CoFeM*SiB	×	△	○	○	○	△	×

○：変動10%以上

△：変動10%以下

×：変動検出できず

【0025】このように、磁場の変動を検知するためには、スピン偏極誘起部と検知部との距離は、1.0mmから1.0mmの間である必要があった。特に5mmから1000 μm の間で良い出力が得られた。また、スピン偏極誘起部を構成する磁性体F1の抵抗率は $100 \mu\Omega \cdot \text{m}$ 以下、より好ましくは $1.5 \mu\Omega \cdot \text{m}$ 以下で良い出力が得られた。

【0026】なお、パーマロイをセンダスト、鉄コバルト合金に、白金を金、銀、銅、アルミニウムに変えても同様の傾向の結果が得られた。

【0027】（実施例2）以下、本発明の第2の実施例について説明する。

【0028】サイズが $0.5 \times 2.0 \times 5.0 \text{ mm}$ のNiFeCo合金の試料長手方向に磁場を印加しながらアニールを行い、異方性をつけた。上記サンプル2本と、サイズ $0.5 \times 3.0 \times 5.0 \text{ mm}$ のガラスを交互に、かつ磁化が反平行になるように並べ、裏側を補強用のガラス基板の上にシアノアクリレート系の接着剤を用いて接着した後、表面に銀を 0.05 mm 蒸着した。更にその上にサンプルの中心からXmmの距離に $0.3 \times 1.5 \text{ mm}$ のパーマロイをマスクを用いてスパッタ法で形成した。（ $-2.5 \text{ mm} < X < 2.5 \text{ mm}$ ）試料の模式図を図2に示す。

【0029】NiFeCo合金間に 100 mV の電圧をかけ、電流を流した。パーマロイの中心と、そこから磁場に垂直な方向に 1.5 mm 離れた銀上の点との電位差を電圧計を用いて測定した。試料X方向に50 Gaussから-50 Gaussの磁場を掃引し、電圧の変動率 $\Delta V/V_0$ を調べた。結果を（表2）にまとめる。

【0030】

【表2】

X (mm)	-2.5	-1.5	-0.5	0.0	0.5	1.5	2.5
結果	○	○	△	×	△	○	○

○：変動10%以上

△：変動10%以下

×：変動検出できず

【0031】サイズ $0.5 \times 2.0 \times 5.0 \text{ mm}$ のガラス基板を用いて同様に試料を作製し電圧を測定した。結果を（表3）に示す。

【0032】

【表3】

X (mm)	-2.5	-1.5	-0.5	0.0	0.5	1.5	2.5
結果	○	○	○	△	○	○	○

○：変動10%以上

△：変動10%以下

×：変動検出できず

【0033】サイズ $0.5 \times 2.0 \times 5.0 \text{ mm}$ のガラス基板と、一方のNiFeCo合金の代わりに同サイズのアルミを用いて同様の試料を作製し、電圧を測定した。結果を（表4）に示す。

【0034】

【表4】

X (mm)	-2.5	-1.5	-0.5	0.0	0.5	1.5	2.5
結果	○	○	○	△	×	×	×

○：変動10%以上

△：変動10%以下

×：変動検出できず

50 【0035】このように磁場の変動を検知するためには

少なくとも一方の磁性体から1mm以内である必要があった。また、スピン偏極誘起部の磁性体を二つにする事により、スピン偏極が誘起される領域が広がり、検知部を付ける事が可能な位置を広げることが出来た。

【0036】なお、パーマロイをセンダスト、鉄コバルト合金に、銀を白金、金、銅、アルミニウムに、NiFeCo合金を、FeAlNi合金に変えても同様の傾向の結果が得られた。

【0037】（実施例3）以下、本発明の第3の実施例について説明する。

【0038】スパッタによる薄膜作製法と、金属マスクを用いた選択的成膜法、ドライエッチングを用いた選択的エッチング法を用い、磁気センサーを作製した。模式図を図3に示す。

【0039】図3で、F1は約0.05×0.4×2.0mmのNiFeCo合金、F2は約0.002×0.025×0.04mmのパーマロイである。Nには約0.1×1.5×2.2mmのアルミニウムを用いた。絶縁体としては約20nmのSiO₂を用いた。図の下から上の方に-50～50Gaussの磁場を印加し、N-F1間に10mVの電圧をかけた時のN-F2間の電圧を出力Vdとした。外部磁場が零の時の出力V₀に対する比、 $\Delta V = |V_d/V_0|$ を（表5）に示す。

【0040】

【表5】

磁場 (Gauss)	-50	-20	-1.0	-0.1	0.1	1.0	20	50
出力 (mV)	○	○	△	×	×	△	○	○

○: 出力10%以上

△: 出力10%以下

×: 出力10%以下

【0041】表から本発明の磁気センサーとしての効果は明らかである。なお、パーマロイをセンダスト、鉄コバルト合金に、アルミニウムを白金、金、銀、銅に、NiFeCo合金を、FeAlNi合金に変えても同様の傾向の結果が得られた。

【0042】（実施例4）以下、本発明の第4の実施例について説明する。

【0043】スパッタによる薄膜作製法と、金属マスクを用いた選択的成膜法、ドライエッチングを用いた選択的エッチング法を用い、読み取りヘッドを作製した。模式図を図4、5に示す。

【0044】図4で基板にはAl₂O₃/TiCセラミクスを、絶縁層としては20nmのAl₂O₃を、非磁性導体としてはアルミニウムを用いた。基板上にFeAlNi合金を2×5×200μm形成し、ダイサーで所定の形状に切断し、磁場中アニールを行い異方性を付けた後、張り合わせる事により図の形状の基板を作製した。図中

F11とF12の磁化の向きは反平行になるようにした。また、F11とF12の間隔は約8μmである。Nとしては厚さ4μmの白金、F2としては0.3×2×14μmのパーマロイを用いた（素子1）。

【0045】図5で基板にはAl₂O₃/TiCセラミクスを、シールド層としてはセンダストを、絶縁層としては20nmのSiO₂を、出力端子、電圧印加端子、Nには厚さ2μmの金を用いた。F2としては0.25×5×14μmのパーマロイ、F1としては2×5×20μmのFeAlNi合金を用い、F1とF2の間隔は約5μmとした。図の状態から更に絶縁層、シールド層を順次積層し、回路が絶縁層、シールド層にくるまれるようにした。素子形成後、F1、F2の長手方向に磁場を印加しながらアニールし、異方性を付けた（素子2）。

【0046】出来た素子を、ギャップ幅0.25μm、トラック幅14μmの薄膜磁気ヘッドと組み合わせ、保磁力1500Oeのハードディスクに対し、5MHzの信号を記録し、次いで電圧印加端子に100μV～10mVの電圧を印加し、記録した信号を再生した。その時の再生出力電圧値V_{p-p}（ピーク・ツー・ピーク）を（表6）にまとめる。

【0047】

【表6】

印加電圧	100μV	500μV	1mV	5mV	10mV
素子1	×	△	△	○	○
素子2	×	×	△	△	○

○: 出力100μV以上

△: 出力100μV以下、10μV以上

×: 出力10μV以下

【0048】表から明らかなように、出力値を印加電圧により独立に変える事ができた。また、それにより、印加電圧を充分（素子1に対しては500μV以上、素子2に対しては1mV以上）かければ磁気読み取りヘッドとして有効な出力が得られた。

【0049】なお、パーマロイを、鉄コバルト合金に、金を白金、銀、銅、アルミニウムに、FeAlNi合金を、NiFeCo合金に変えても同様の傾向の結果が得られた。

【0050】

【発明の効果】今回、本発明において、1つ、もしくは2つの磁性体と非磁性体を交互に連結し、直列に電流を流すスピン偏極誘起部と、スピン偏極誘起部中の非磁性体に接続された磁性体とそこに接続された検知器からなる、スピン偏極検知部とを兼ね備えさせた構成を用いることにより、素子の出力磁場に対する感度を独立な二つのパラメータで決めることができる、スピン偏極を用いた新規な磁電変換素子を提供する事が可能になった。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1の実施例における磁電変換素子の模式図

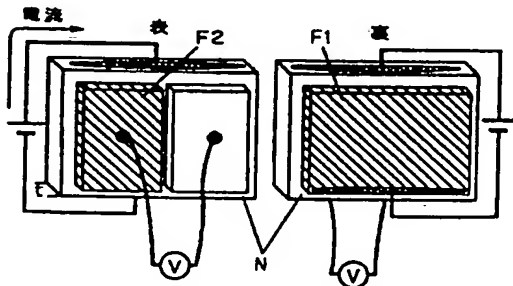
【図2】 第2の実施例における磁電変換素子の模式図

【図3】 第3の実施例における磁気センサーの模式図

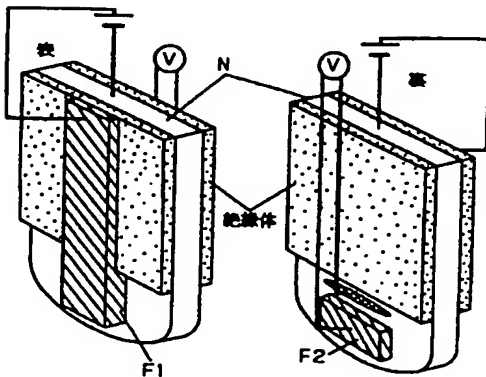
【図4】 第4の実施例における磁気読み取りヘッドの模式図

【図5】 第4の実施例における磁気読み取りヘッドの模

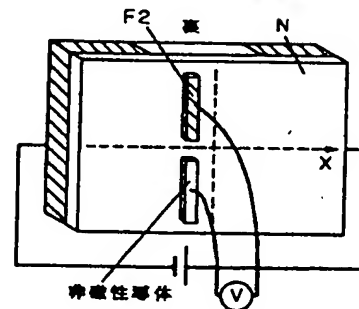
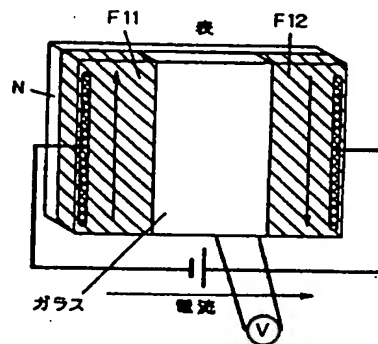
【図1】



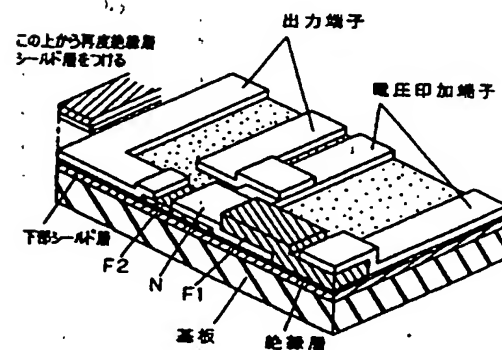
【図3】



【図2】



【図5】



式図

【符号の説明】

F1 スピン偏極誘起部を構成する磁性体

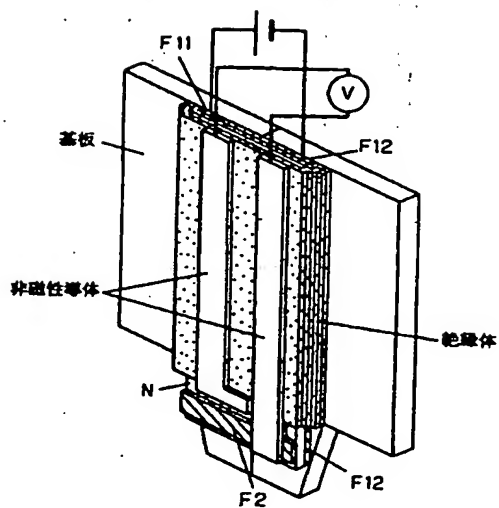
F2 スピン偏極検知部を構成する磁性体

F11 スピン偏極誘起部を構成する磁性体

F12 スピン偏極誘起部を構成する磁性体

N スピン偏極誘起部を構成する非磁性体

【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 釘宮 公一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内